ನಾಲ್ಕು ಮೂಲ ಬಲಗಳು

ಶ್ರೀನಿವಾಸನ್ ಕೃಷ್ಣನ್

ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿರುವ ನಾಲ್ಕು ಮೂಲ ಬಲಗಳು ಜಗತ್ತಿನ ಸಕಲ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ನಾಲ್ಕು ಬಲಗಳು ಯಾವುವು? ಅವು ಹೇಗೆ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ? ನಾಲ್ಕೇ ಏಕೆ, ನಾಲ್ಕಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚೇಕಿಲ್ಲ? ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕು ಮೂಲ ಬಲಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣ ಮತ್ತು ನಮ್ಮ ನಿತ್ಯಜೀವನದ ಮೇಲೆ ಅವುಗಳ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತಾ ಈ ಕೆಲವು ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ಮಾಡಲಾಗಿದೆ.

ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಹಲವಾರು ಬಲ(Force)ಗಳಿವೆ. ಅವು ವಿವಿಧ ಸ್ವರೂಪ ಮತ್ತು ಬಗೆಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನೆಲದಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎಸೆದ ವಸ್ತುಗಳು ಭೂಮಿಯ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲದಿಂದ ಆಕರ್ಷಿತವಾಗಿ ಕೆಳಗೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ; ನಾವು ಒಬ್ಬರನ್ನೊಬ್ಬರು ತಳ್ಳುವಾಗ ಅಥವಾ ಎಳೆಯುವಾಗ ಬಲಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ ; ವಾಹನಗಳು ಏರುತಗ್ಗುಗಳ ಮೇಲೆ ಹೋಗುವಾಗ ವಾಹನಗಳ ಸಸ್ಪೆನ್ಷನ್‌ನಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್‌ಗಳು ನಮಗೆ ಜಖಂ ಆಗದಂತೆ ನಮ್ಮನ್ನು ರಕ್ಷಿಸುತ್ತವೆ; ಅದೇನೋ ಮೋಡಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿರುವಂತೆ ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಬಲ ದಿಕ್ಸೂಚಿಯಲ್ಲಿರುವ ಮುಳ್ಳಿನ ತುದಿಯನ್ನು ಯಾವಾಗಲೂ ಉತ್ತರದತ್ತ ಮುಖ ಮಾಡುವಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ; ಚಂಡಮಾರುತದ ಬಲ, ಅಣು ಬಾಂಬುಗಳು ವಿಸ್ಫೋಟಗೊಂಡಾಗ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಅಸಾಧಾರಣ ಬಲ ಇತ್ಯಾದಿ ಅನೇಕ ಬಲಗಳಿವೆ. ಇಂತಹ ಬಲಗಳ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಾ ಹೋದರೆ ಕೊನೆಯೇ ಇಲ್ಲ.

ಆದರೆ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸುವ ಎಲ್ಲ ಬಲಗಳೂ ಕೇವಲ **ನಾಲ್ಕು** ಮೂಲ ಬಲಗಳ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳು ಎಂದು ತೋರಿಸಲು ಸಾಕಷ್ಟು ಪುರಾವೆ ಇದೆ. (ಮೂಲ ಬಲಗಳು ನಾಲ್ಕಲ್ಲ, ಕೇವಲ ಎರಡು ಎಂದು ತೋರಿಸಲು ಇನ್ನಷ್ಟು ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಪುರಾವೆಗಳಿವೆ. ಅದನ್ನು ಮುಂದೆ ಯಾವತ್ತಾದರೂ ಚರ್ಚಿಸೋಣ). ಮೂಲ ಬಲಗಳು ನಾಲ್ಕೇ ಏಕೆ ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ನಾವು ಕೊಡಬಹುದಾದ ನೇರ ಉತ್ತರವೆಂದರೆ, ಈ ನಾಲ್ಕು ಮೂಲ ಬಲಗಳ ಇರುವನ್ನು ಸಾಬೀತು ಪಡಿಸಲು ಮಾತ್ರ ನಮ್ಮ ಬಳಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಪುರಾವೆ ಇದೆ ಎಂಬುದು. ಪ್ರಕೃತಿಯ ಈ ನಾಲ್ಕು ಮೂಲ ಬಲಗಳನ್ನು (ಅವುಗಳ ಬಲದ ಪ್ರಬಲತೆಯ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ) ಪ್ರಬಲ ಬಲ (strong force), ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಬಲ (electromagnetic force), ದುರ್ಬಲ ಬಲ (weak force) ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲ (gravitational force) ಎಂದು ವರ್ಗೀಕರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಬಹಳ ಹಿಂದಿನಿಂದಲೂ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಬಲಗಳ ಬಗ್ಗೆ

(ಈಗ ಇವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಬಲ ಎಂಬ ಒಂದೇ ಬಲದ ಎರಡು ಅಂಶಗಳು ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿದೆ) ಹಾಗೂ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲದ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ; ಆದರೆ ಪ್ರಬಲ ಮತ್ತು ದುರ್ಬಲ ಬಲಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದದ್ದು ಕಳೆದ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ. ಈ ಸಂಶೋಧನೆ, ನಾವು ಮೂಲಕಣಗಳ ಪ್ರಪಂಚವನ್ನು (ಪ್ರೋಟಾನ್, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು) ನೋಡುವ ಪರಿಯನ್ನೇ ಬದಲಿಸಿತು. ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ಪರಮಾಣು ಬಲವನ್ನು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿ ಬಳಸುವ ಮನುಕುಲದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಇನ್ನಿಲ್ಲದಂತೆ ಬದಲಾಯಿಸಿತು.

ಈಗ ಬಲದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಬದಲಾಗಿ **ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ** ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ಮನೆಮಾಡಿದೆ. ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಣಗಳು ಇತರ ಕಣಗಳ ಮೇಲೆ ಉಂಟುಮಾಡುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಅವುಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಕ್ಷೇತ್ರದ ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಕೆಳಗೆ ವಿವರಿಸಿದ ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳ ಚಟುವಟಿಕೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ.

ಪ್ರಯೋಗ: ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೂರದಿಂದ ಕಾಂತಬಲದ ಪ್ರಭಾವ

ಎರಡು ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಅವುಗಳ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವ ಮತ್ತು ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಿ. ಈ ಎರಡೂ ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಉತ್ತರ (ಅಥವಾ ದಕ್ಷಿಣ) ಧ್ರುವಗಳು ಮುಖಾಮುಖಿಯಾಗುವಂತೆ ಮೇಜಿನ ಮೇಲೆ ಇರಿಸಿ. ಅವು ಚಲಿಸದಂತೆ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಅಂತರ ಇರುವಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳಿ. ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ವಿಕರ್ಷಣೆ ನಿಮ್ಮ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬರುವ ತನಕ ಮತ್ತು ಅವು ತಾವೇ ತಾವಾಗಿ ಪರಸ್ಪರ ದೂರ ಸರಿಯುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿ ತೋರಿಸುವ ತನಕ ಹತ್ತಿರಕ್ಕೆ ತನ್ನಿ. ಆ ಅಂತರವನ್ನು ಬರೆದಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ. ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಪ್ರಬಲ ಮತ್ತು ದುರ್ಬಲ ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಮತ್ತೆ ಮತ್ತೆ ಮಾಡಿ. ವಿರುದ್ಧ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಮುಖಾಮುಖಿಯಾಗಿಸಿ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿ. (ಬಳಸಿದ ಎರಡು ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳು ತುಂಬ ಪ್ರಬಲವಾಗಿದ್ದರೆ ಅವು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕೈನಿಂದ ಕಿತ್ತು ಹೋಗಬಹುದು, ಹಾಗಾಗಿ ಎಚ್ಚರ ವಹಿಸಿ). ಯಾವ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಈ ಎರಡು ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳ ನಡುವಿನ ಆಕರ್ಷಣೆ ನಿಮ್ಮ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಬರೆದಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಎರಡು ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳ ನಡುವೆ ಯಾವುದೇ ರೀತಿಯ ಭೌತಿಕ ಸಂಪರ್ಕ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೂ ಅವುಗಳಿಗೆ ಪರಸ್ಪರ ಇರುವಿಕೆಯ ಅರಿವು ಇರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಅಂಶ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಯಸ್ಕಾಂತದ ಈ ಅಭೌತಿಕ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಅಯಸ್ಕಾಂತದ **ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರ** ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಮೊದಲ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಎರಡನೆಯ ಅಯಸ್ಕಾಂತದ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುವಾಗ ಮತ್ತು ಎರಡನೆ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಮೊದಲನೆಯ ಅಯಸ್ಕಾಂತದ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುವಾಗ ಅವುಗಳಿಗೆ ಪರಸ್ಪರ ಬಲದ ಅನುಭವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು **ವೀಕ್ಷಿಸುವುದು** ಕೂಡ ಸುಲಭ. ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳನ್ನು ಒಂದು ದಪ್ಪನೆಯ ಕಾಗದದ ಹಾಳೆಯ ಅಡಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟು, ಹಾಳೆಯ ಮೇಲೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ಪುಡಿಯನ್ನು ಉದುರಿಸಿ. ಕಬ್ಬಿಣದ ಪುಡಿ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಆಕಾರದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಆಯಾಮಗಳಲ್ಲಿ (in two dimensions) ಹರಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳು ಮತ್ತು ಕಬ್ಬಿಣದ ಧೂಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿದಾಗ, ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (**ಚಿತ್ರ 1**) ಕಾಣುವಂತೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ಪುಡಿ ಹರಡಿಕೊಂಡಿರುವುದು ಕಾಣುತ್ತದೆ.

ಬಲದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಬದಲಾಗಿ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಬಳಸಲು ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣವೆಂದರೆ, ಸಂಯೋಜನೆಯಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಯಾವುದೇ ವ್ಯತ್ಯಯ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಆವೇಶದಲ್ಲಿ) ಎಷ್ಟು **ಶೀಘ್ರವಾಗಿ** ಬೇರೊಂದು ಕಡೆ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲಿ ಸುಲಲಿತವಾಗಿ ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸೂರ್ಯ ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದಂತೆ ಮರೆಯಾದರೆ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಸೂರ್ಯನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಅದು ನಮಗೆ ತಿಳಿಯಲು ಎಂಟು ನಿಮಿಷಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. (ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ನಡುವೆ ಚಲಿಸಲು ಬೆಳಕು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಸಮಯ) ಏಕೆಂದರೆ ಈ **ಬದಲಾವಣೆ** ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ನಡುವೆ ಮೊದಲೇ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿರುವ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೂಲಕವೇ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿ ಭೂಮಿಗೆ ತಲುಪುತ್ತದೆ.

ಮೂಲಕಣಗಳು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಗುಣಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರ

ನಾಲ್ಕು ರೀತಿಯ ಬಲಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ಬಲವೂ ಅದನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತಗೊಳ್ಳುವ ಕಣದ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಗುಣವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲ **ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ** ಎನ್ನುವ ಗುಣವಿರುವ ಕಣಗಳ ನಡುವೆ ಮಾತ್ರ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಬಲ **ವಿದ್ಯುದಾವೇಶವುಳ್ಳ** (electrical charge) ಕಣಗಳ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತದೆ; ಪ್ರಬಲ ಬಲ **ವರ್ಣ** (colour) ಗುಣ ಇರುವ ಕಣಗಳ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ. (ಇಲ್ಲಿ ವರ್ಣ ಎಂದರೆ ನಾವು ಕಣ್ಣಿನಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಗ್ರಹಿಸುವ ಬಣ್ಣ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಾರದು. ಇದಕ್ಕೆ ಹೆಸರಿಡುವವರು ಇನ್ನೂ ಆಸಕ್ತಿಕರ ಮತ್ತು ಸೂಕ್ತವಾದ ಹೆಸರಿಡುವುದರಲ್ಲಿ ಸೋತರು ಎಂದೆನ್ನಿಸುತ್ತದೆ) ಮತ್ತು

ಕೊನೆಯದಾಗಿ ದುರ್ಬಲ ಬಲ ವಾಸನೆ (flavour) ಗುಣ ಇರುವ ಕಣಗಳ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ. (ಇಲ್ಲಿಯೂ ವಾಸನೆಯನ್ನು ಮೂಗಿನ ಮೂಲಕ ಗ್ರಹಿಸುವ ವಾಸನೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಾರದು). ಈ ಎಲ್ಲ ಗುಣಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧ ಹೊಂದಿಲ್ಲದೆ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರುವುವೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅಂದರೆ, ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರ ವರ್ಣದ ಗುಣದೊಂದಿಗೆ ಹಸ್ತಕ್ಷೇಪ ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ. ಅದೇ ರೀತಿ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಗುಣವಿರುವ ಕಣದ ಜೊತೆ ಹಸ್ತಕ್ಷೇಪ ಮಾಡುವಂತಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕ್ಷೇತ್ರ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ರೂಪಕ್ಕೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ, ಪ್ರಬಲ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ (ಅಣು ವಿದ್ಯುತ್ ಸ್ಥಾವರಗಳಲ್ಲಿ), ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡಬಹುದು.

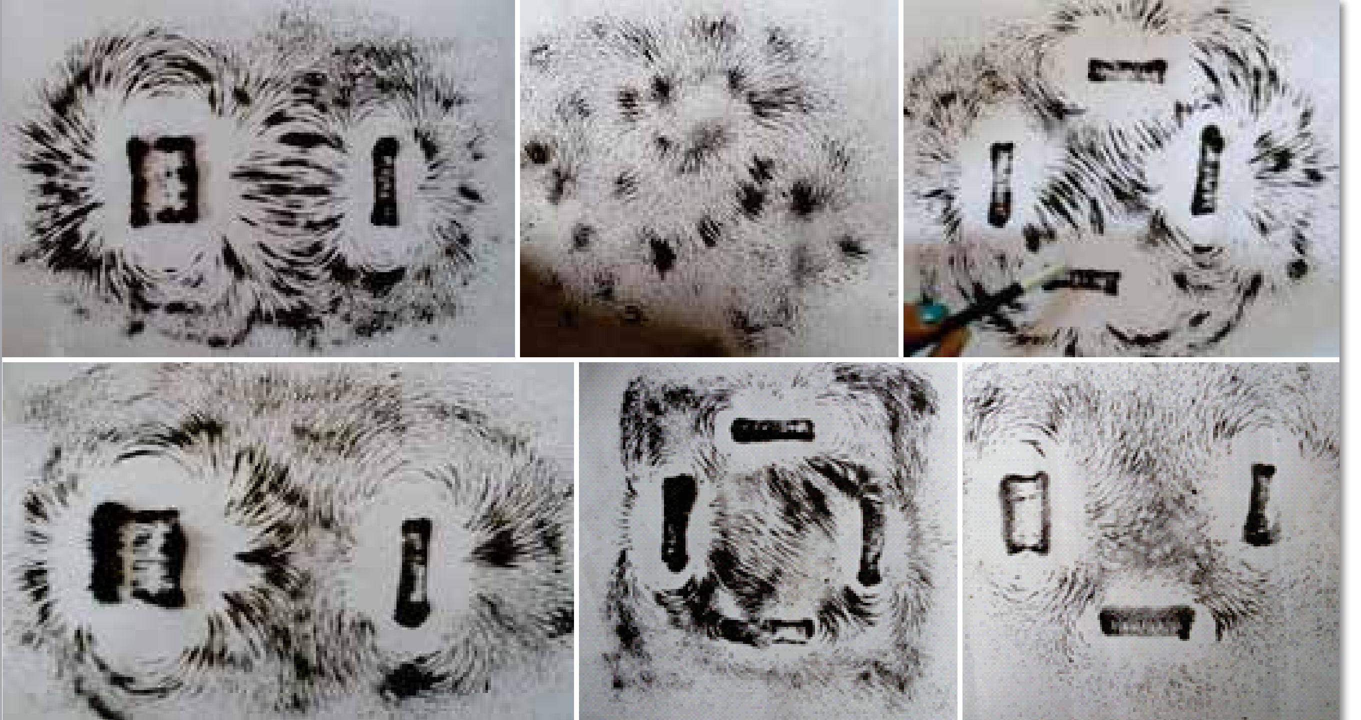
ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಜೆ.ಜೆ. ಥಾಮ್ಸನ್ (J J Thomson) 1897ನೇ ಇಸವಿಯಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಮೇಲೆ ಮೂಲಕಣ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಎನ್ನುವ (Elementary particle physics) ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಶಾಖೆ ಹುಟ್ಟಿರಬಹುದು. ಮುಂದೆ 1914ನೇ ಇಸವಿಯಲ್ಲಿ ರುಥರ್‌ಫೋರ್ಡ್ (Rutherford), ಪರಮಾಣುವಿನ ಧನ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶ (ಮತ್ತು ಅದರ ಬಹಳಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ) ಅದರ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ ಎಂಬ ಕಿರಿದಾದ ತಿರುಳಿನಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿದೆ ಎಂದು

ಮೂಲಕಣಗಳ ಅದ್ಭುತ ಪರಿಚಯಕ್ಕಾಗಿ ಕೆಳಗೆ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಅಂತರಜಾಲ ತಾಣಗಳಿಗೆ ಭೇಟಿ ಕೊಡಿ:

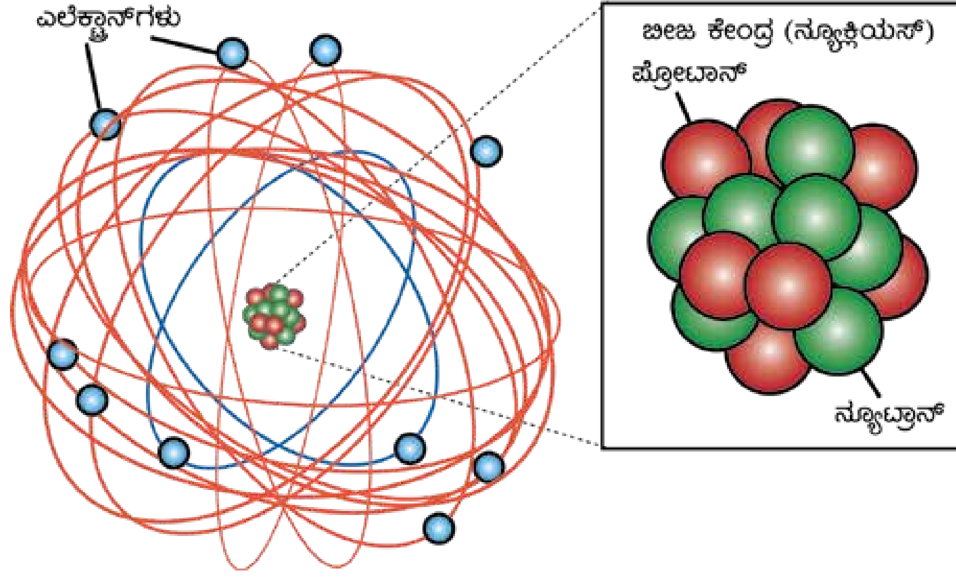
1. Particle Data Group of the Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL). URL: http://particleadventure.org/, or,
2. CERN outreach site. URL: http://home.cern/students-educators

ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಅನಂತರ 1932ರಲ್ಲಿ ಚಾಡ್ವಿಕ್ (Chadwick) ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಮೇಲೆ, 'ಭೌತದ್ರವ್ಯ ಯಾವುದರಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ?' ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಸರಳವಾಗಿ, 'ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು' ಎಂದು ಉತ್ತರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಮಾಣು ಹೇಗೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ ಎಂದು ನೋಡಲು **ಚಿತ್ರ 2** ಗಮನಿಸಿ.

ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ವಿಕರ್ಷಿಸುವಾಗ, ಪರಮಾಣುವಿನ 10–15 ಮೀಟರ್ ಗಾತ್ರ ಇರುವ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ನಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಒಟ್ಟಾಗಿ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯ ಎನ್ನುವ ಪ್ರಶ್ನೆ ನಿಮಗೆ ಬಂದಿರಬಹುದು. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಯುಕಾವ[1] (Yukawa) 1934ನೇ ಇಸವಿಯಲ್ಲಿ ಇದರ ಬಗ್ಗೆ ಒಂದು ಆಧಾರ ಸೂತ್ರವನ್ನು (postulate) ಮುಂದಿಟ್ಟಿದ್ದಾನೆ.



ಚಿತ್ರ 1. ಕಾಗದದ ಹಾಳೆಯ ಕೆಳಗೆ ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳನ್ನಿಟ್ಟು, ಕಾಗದದ ಮೇಲೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ಪುಡಿ ಉದುರಿಸಿದಾಗ– ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಗೆರೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಕೆಲವು ಚಿತ್ರಗಳು. ವಿರುದ್ಧ ಧ್ರುವಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಮುಖಾಮುಖಿಯಾಗಿರುವುದನ್ನು ಈ ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಿ.



ಚಿತ್ರ 2. ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಮಾಣು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಕ್ಷೆಗಳು ವೃತ್ತಾಕಾರದಲ್ಲಿರುವುದಿಲ್ಲ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜ ಕೇಂದ್ರ (ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್)ದಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿದ್ದು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊರಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಕಕ್ಷೆಯ ಆಕಾರಗಳು ಪ್ರಾತಿನಿಧಿಕ ಮಾತ್ರವಾಗಿದ್ದು, ಪ್ರಮಾಣಾನುಗುಣವಾಗಿಲ್ಲ.

ಅದರ ಪ್ರಕಾರ, ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ನಲ್ಲಿರುವ **ಪ್ರಬಲ ಬಲ** (Strong force) ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಕಣಗಳ ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಈ ಕೂಲಾಮ್ ವಿಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಮೀರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಾಗಿ, ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ವಿಕಿರಣಪಟುತ್ವ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ, ಅದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ನಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊರಸೂಸಲ್ಪಡುವ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಫರ್ಮಿ (Fermi) ಕಡಿಮೆ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಕಣಗಳಿಂದ ನಡೆಯುವ ದುರ್ಬಲ ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆ (weak interaction) ಯ ಬಗ್ಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ಆಧಾರ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಮುಂದಿಟ್ಟಿದ್ದಾನೆ. (ಇದರಿಂದ ನೀವು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ ಒಳಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇರಬಹುದು ಎಂದು ಯೋಚಿಸಲು ಶುರು ಮಾಡುತ್ತೀರಾ? ಹಾಗೇನಿಲ್ಲ. ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ ಒಳಗೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಎಂದೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಕಂಡುಬಂದಿಲ್ಲವಾದರೂ ಅವುಗಳು ಅಲ್ಲಿಂದಲೇ ಹೊರಸೂಸಲ್ಪಡುತ್ತಿರುತ್ತವೆ). ಈ ಪ್ರಬಲ ಮತ್ತು ದುರ್ಬಲ ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಪರಮಾಣು ಸ್ಥಾವರಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸೂರ್ಯನ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳು ಸೇರಿ, ಹೀಲಿಯಂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಇದರ ಮೂಲಕವಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಜೀವಜಗತ್ತಿಗೆ ಅತ್ಯಗತ್ಯವಾದ ಶಕ್ತಿ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಮುಂದಿನ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಈ ವಿನಿಮಯ ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಸವಿವರವಾಗಿ ನೋಡೋಣ.

1932ರಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಮೂರು ಮೂಲಕಣಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗಮನಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ 1960ರ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಈ ಸಂಖ್ಯೆ ಮುಗಿಲು ಮುಟ್ಟಿತ್ತು. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮೂಲಕಣಕ್ಕೂ ಒಂದು ಪ್ರತಿ–ಮೂಲಕಣ (antiparticle) ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಕೂಡ ಊಹೆ ಮಾಡಲಾಗಿತ್ತು. ಪ್ರತಿ–ಮೂಲಕಣ ಎಂತಹುದೆಂದರೆ ಅದು ತನಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಮೂಲಕಣವನ್ನು ಸಂಧಿಸಿದಾಗ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸಿ, ಎರಡೂ ಕಣಗಳು ನಿರ್ನಾಮವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ.

ಪ್ರತಿ–ಮೂಲಕಣಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ನಮ್ಮ ಅದೃಷ್ಟಕ್ಕೆ ಇಷ್ಟೆಲ್ಲಾ ಕಣಗಳನ್ನು **ಬ್ಯಾರಿಯಾನ್**– ಭಾರ ಕಣ (Baryons) **ಮೆಸಾನ್** – ಮಧ್ಯಮ ಭಾರ (Mesons) ಮತ್ತು **ಲೆಪ್ಟಾನ್** – ಹಗುರ ಕಣ (Leptons) ಎಂದು ಮೂರು ಪ್ರಮುಖ ಗುಂಪುಗಳಾಗಿ ವರ್ಗೀಕರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಬ್ಯಾರಿಯಾನ್ ಮತ್ತು ಮೆಸಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಜೊತೆಯಾಗಿ **ಹ್ಯಾಡ್ರಾನ್ಸ್** (Hadrons) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಬ್ಯಾರಿಯಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳೆಂದರೆ ನಮಗೆ ಚಿರಪರಿಚಿತವಿರುವ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು



ಚಿತ್ರ 3. ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವ ಎಲ್ಲ ಮೂಲಕಣಗಳ ಅತಿ ಸರಳ ವರ್ಗೀಕರಣವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ (ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ನೂರಾರು ಮೂಲಕಣಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಲಾಗಿದೆ). ಗಮನಾರ್ಹ ಸಂಗತಿಯೆಂದರೆ ಎಲ್ಲಾ ಕಣಗಳು ಮೇಲೆ ತೋರಿಸಿದ ಯೋಜನೆಯೊಳಗೆ ತಪ್ಪದೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

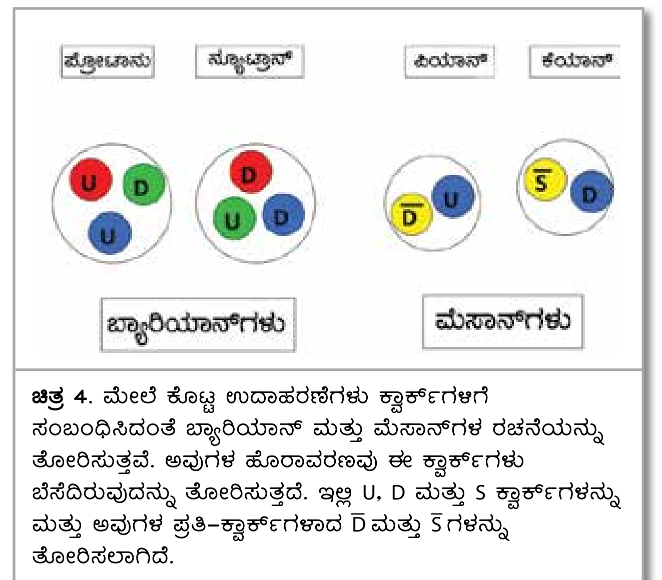
ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹಾಗೂ ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಚಿತವಲ್ಲದ ಲ್ಯಾಂಬ್ಡಾ (Lambda) ಸಿಗ್ಮಾ (Sigma) ಮತ್ತು ಡೆಲ್ಟಾ (Delta) ಕಣಗಳು. ಮೆಸಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಉದಾಹರಣೆಗಳೆಂದರೆ, ಪಿಯಾನ್ಸ್ (Pions), ಕಯಾನ್ಸ್ (Kaons) ಇಟಾಸ್ (Etas) ಇತ್ಯಾದಿ. ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಲೆಪ್ಟಾನ್‌ಗೆ ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿ ನಮಗೆ ಚಿರಪರಿಚಿತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಚಿತವಲ್ಲದ ಮ್ಯುಆನ್ಸ್ (Muons) ಟೌಆನ್ಸ್ (Tauons) ನ್ಯೂಟ್ರಿನೋ ಇತ್ಯಾದಿ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಮೂಲಕಣಗಳಿಗೆ ಅವುಗಳದೇ ಆದ ಪ್ರತಿಮೂಲಕಣಗಳಿವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಮರೆಯಬೇಡಿ[2].

ಈ ಎಲ್ಲಾ ಮೂಲಕಣಗಳನ್ನು (ಮತ್ತು ಪ್ರತಿ–ಮೂಲಕಣಗಳನ್ನು) ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಕಣಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ **ಮಾನಕ** ಮಾದರಿ (Standard Model) ಯನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾವಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಮಾದರಿಯ ಪ್ರಕಾರ ಎಲ್ಲಾ ಹ್ಯಾಡ್ರನ್‌ಗಳು ಕ್ವಾರ್ಕ್ (Quarks) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಮತ್ತಷ್ಟು ಮೂಲ ಕಣಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳಿಗೆ ಆರು ಮುಖ್ಯ ವಿಧ ಅಥವ **ವಾಸನೆ** (flavour)ಗಳಿವೆ. ಈ ವಾಸನೆಗಳನ್ನು ಏರು (Up (U)), ಇಳಿ (Down (D)), ವಿಚಿತ್ರ (Strange (S)), ಮೋಡಿ (Charm (C)), ಸೌಂದರ್ಯ (Beauty (B)) ಮತ್ತು ಸತ್ಯ (Truth (T)) ಎಂದು ಗುರುತಿಸುತ್ತಾರೆ. ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಾಸನೆ ಕೆಂಪು, ಹಸಿರು ಮತ್ತು ನೀಲಿ ಎಂದು ಮೂರು ವರ್ಣಗಳಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆಂಬ ಕಲ್ಪನೆ ಇದೆ. ಪ್ರತಿ–ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳಿಗೆ ಪ್ರತಿ–ವರ್ಣಗಳನ್ನು ನೀಡಲಾಗಿದೆ, ಅಂದರೆ, ಪ್ರತಿ–ಕೆಂಪು (ಇದನ್ನು ಮೈನಸ್ ರೆಡ್ ಅಥವ ಸೈಆನ್ ಎಂದು ಕೂಡ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ), ಪ್ರತಿ–ಹಸಿರು (ಮೈನಸ್ ಗ್ರೀನ್ ಅಥವ ಮಜೆಂಟಾ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿ–ನೀಲಿ (ಮೈನಸ್ ಬ್ಲೂ ಅಥವ ಹಳದಿ). ಹಾಗಾಗಿ ಈ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ, ಒಟ್ಟು 18 ಕ್ವಾರ್ಕ್ (ಮತ್ತು ಪ್ರತಿ–ಕ್ವಾರ್ಕ್)ಗಳಿವೆ.

ಮೂರು ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳು ಜೊತೆಗೂಡಿ ಒಂದು ಬ್ಯಾರಿಯಾನ್ ಮತ್ತು ಮೂರು ಪ್ರತಿ–ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳು ಜೊತೆಗೂಡಿ ಒಂದು ಪ್ರತಿ–ಬ್ಯಾರಿಯಾನ್ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಕ್ವಾರ್ಕ್ ಮತ್ತು ಒಂದು ಪ್ರತಿ–ಕ್ವಾರ್ಕ್ ಜೋಡಿ ಸೇರಿ ಒಂದು ಮೆಸಾನ್ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ **ಗಮನಿಸಿದ** ಎಲ್ಲಾ ಕಣಗಳಿಗೂ ಒಂದು 'ನಿವ್ವಳ ವರ್ಣ' ಇದೆ; ಅದು **ಬಿಳಿ** (ಕೆಂಪು, ಹಸಿರು ಮತ್ತು ನೀಲಿ ಸಮಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ) ಆಗಿರಬಹುದು ಅಥವ ಅದರ ಪ್ರತಿ–ವರ್ಣ **ಶೂನ್ಯ**, (ಕೆಂಪು ಮತ್ತು ಪ್ರತಿ–ಕೆಂಪು ವರ್ಣ ಸಮಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ). ಇತರ ವರ್ಣಗಳಿಗೂ ಇದೇ ಸಂಯೋಜನೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳಿಗಾಗಿ **ಚಿತ್ರ 4** ನೋಡಿ.

ಲೆಪ್ಟಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ವರ್ಣ ಇಲ್ಲ. ಹಾಗಾಗಿ ಈ ಕಣಗಳು ದುರ್ಬಲ ಬಲ, ಗುರುತ್ವಕಾರ್ಷಣ ಬಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಬಲದಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತಗೊಂಡರೂ, ಪ್ರಬಲ ಬಲ ಇವುಗಳ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರುವುದಿಲ್ಲ.

ಮುಕ್ತ ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳನ್ನು **ನಿಸರ್ಗದಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಲಾಗಿಲ್ಲ**. ಆದರೂ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ವಾರ್ಕ್ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಬೆಂಬಲಿಸಬಹುದಾದಂತಹ ಮೂರು ಭಾಗಗಳ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ–ರಚನೆಯನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಈ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಬಳಸಿ ಮಾಡಿದ ಊಹೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸಾಬೀತಾಗಿವೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಮಾಣಿತ ಮಾದರಿಯು ಮೂಲಕಣಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಉತ್ತಮವಾಗಿ ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ಎಲ್ಲರ ಸಹಮತ ಇದೆ.



ಚಿತ್ರ 4. ಮೇಲೆ ಕೊಟ್ಟ ಉದಾಹರಣೆಗಳು ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಬ್ಯಾರಿಯಾನ್ ಮತ್ತು ಮೆಸಾನ್‌ಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳ ಹೊರಾವರಣವು ಈ ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳು ಬೆಸೆದಿರುವುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ U, D ಮತ್ತು S ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪ್ರತಿ–ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳಾದ $\bar{D}$ ಮತ್ತು $\bar{S}$ ಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸ್ವಭಾವ: ಸಂದೇಶ ವಾಹಕಗಳು ಮತ್ತು ರಚನೆಗಳು

ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ, ದುರ್ಬಲ ಮತ್ತು ಪ್ರಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಹೇಗೆ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಕಣಗಳ ನಡುವೆ ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ಉಂಟಾಗಲು ಅವು ಹೇಗೆ ಸಹಕರಿಸುತ್ತವೆ? ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿರುವ ಎರಡು ಕಣಗಳ ನಡುವೆ ಬಲವನ್ನು ಹಿಂದಕ್ಕೂ, ಮುಂದಕ್ಕೂ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೋಗಬಲ್ಲ 'ಸಂದೇಶ ವಾಹಕ'ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ವಿನಿಮಯಕಾರಿ ಕಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪ್ರತಿ ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವ ಆಧಾರ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಮಂಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಹಿಂದೆ ಮುಂದೆ ಚಲಿಸುತ್ತಾ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತಿರುವ ಎರಡು ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಿತ ಕಣಗಳ ನಡುವೆ ಸಂದೇಶ ವಾಹಕಗಳಂತೆ ಕೆಲಸಮಾಡುತ್ತವೆ. (ಎರಡು ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಿತ ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವೆ ಆಕರ್ಷಣೆ ಮತ್ತು ವಿಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಈ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಹೇಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದೆಂದು ನಿಮಗೆ ಗೊತ್ತಾಯಿತಲ್ಲವೇ?) ಪ್ರಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ **ಗ್ಲುಆನ್ಸ್** ಎಂಬ ಎಂಟು ಸಂದೇಶ ವಾಹಕ ಕಣಗಳಿವೆ. ದುರ್ಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ **ವೆಕ್ಟರ್ ಬೊಸಾನ್** ಎಂಬ ಕೇವಲ ಮೂರು ಸಂದೇಶ ವಾಹಕ ಕಣಗಳಿವೆ. ಸಂದೇಶ ವಾಹಕ ಕಣಗಳ ಸಾರಾಂಶವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ಇತ್ತೀಚಿಗೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಹೇಗೆ ವಿವರಿಸುತ್ತಾರೆ? ಇತರ ಮೂರು ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ನೀಡಿದ ಆಧಾರ ಸೂತ್ರದಂತೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಕೂಡ ಗ್ರಾವಿಟಾನ್ ಎಂಬ ಸಂದೇಶ ವಾಹಕ ಕಣ ವರ್ಗಾಯಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಆಧಾರ ಸೂತ್ರವನ್ನು ನೀಡಲಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಇದನ್ನು ಇನ್ನೂ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲಾಗಿಲ್ಲ. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯು ಇತರೆ ಮೂರು ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಗಿಂತ ತುಂಬ ಭಿನ್ನವಾದುದು. ಅದೇಕೆಂದು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಕೆಳಗೆ ವಿವರಿಸಿರುವ ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ನೋಡೋಣ.

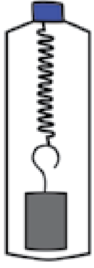
ಪ್ರಯೋಗ: ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಇಲ್ಲವಾಗಿಸುವುದು ಹೇಗೆ?

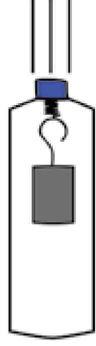
ಇದು ನಿಮಗೆ ಆಶ್ಚರ್ಯ ಹುಟ್ಟಿಸುವಷ್ಟು ಸುಲಭ. **ಚಿತ್ರ 5** ರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಎಡ ಫಲಕವನ್ನು ನೋಡಿ. ಅಲ್ಲಿ ಮುಚ್ಚಿರುವ ಬಾಟಲಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ಪ್ರಿಂಗಿಗೆ ನೇತುಹಾಕಿರುವ ಒಂದು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಬಲ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಅದು ಜಗ್ಗಿರುವುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಬಾಟಲಿಯನ್ನು ಅದರ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಕೆಳಗೆ ಬೀಳಲು ಬಿಟ್ಟಾಗ, ಅದು ನೆಲವನ್ನು ಸ್ಪರ್ಷಿಸುವ ತನಕ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್ ಜಗ್ಗಿರಲೇ ಇಲ್ಲ ಅನ್ನುವಂತೆ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಹೋಗಿ, ಅಲ್ಲೇ ನಿಂತಿರುತ್ತದೆ. ಬಾಟಲಿ ಬೀಳುತ್ತಿರುವಷ್ಟೂ ಕಾಲ **ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್ ಮತ್ತು ಬಾಟಲಿಗೆ** ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಮೇಲೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲ ಕೆಲಸ ಮಾಡದೆ ಇರುವುದು ಇದರಿಂದ ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ. ಹಾಗಾಗಿ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತು ಅದರ ಪರಿಸರಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ, ಆ ವಸ್ತುವನ್ನು ಮತ್ತು ಅದರ ಸಾಮೀಪ್ಯದ ಪರಿಸರವನ್ನು ಸ್ವತಂತ್ರ ಪತನದ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ತರಬೇಕು. ಇದನ್ನು ನಾವು ಅಂತರಿಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಮಾನವಸಹಿತ ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ, ಅಂತರಿಕ್ಷಯಾತ್ರಿ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹವು ಭೂಮಿಗೆ ಸುತ್ತುಬರುತ್ತಿರುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನೋಡುತ್ತೇವೆ. ಅಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸ್ವತಂತ್ರ ಪತನದ ಸ್ಥಿತಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಹಾಗಾಗಿ ಅಂತರಿಕ್ಷಯಾತ್ರಿಗೆ ಉಪಗ್ರಹದೊಳಗೆ ಯಾವುದೇ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲದ ಅನುಭವ ಆಗುವುದಿಲ್ಲವಾದುದರಿಂದ ಅವಳು/ಅವನು ಉಪಗ್ರಹದೊಳಗೆ ನಿಶ್ಚಿಂತೆಯಾಗಿ ತೇಲುತ್ತಿರಬಹುದು.

ಇನ್ನೂ ಹಲವು ಅಂಶಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶ ಆಧಾರದೊಂದಿಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ತನ್ನ ಸಾಮಾನ್ಯ

	ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಬಲ	ದುರ್ಬಲ (ವಿದ್ಯುದ್ ದುರ್ಬಲ)	ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ	ಪ್ರಬಲ
	ಗ್ರಾವಿಟಾನ್ (ಇದುವರೆಗೂ ಗಮನಕ್ಕೆ ಬಂದಿಲ್ಲ)	W^+ W^- Z^0	ಫೋಟಾನು	ಗ್ಲುಆನ್
ಇವುಗಳ ಮೇಲಿನ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ನಡೆಯುತ್ತವೆ.	ಎಲ್ಲ	ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಲೆಪ್ಟಾನುಗಳು	ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಿತ ಲೆಪ್ಟಾನುಗಳು W^+ W^-	ಕ್ವಾರ್ಕ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಗ್ಲುಆನ್ಗಳು

ಕೋಷ್ಟಕ 1: ನಮ್ಮ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬರುವ ಮತ್ತು ಬಾರದಿರುವ (ಉಪಪರಮಾಣುಗಳ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವಂತಹ) ಬಲಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳನ್ನು ಎರಡನೆಯ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ ಪಟ್ಟಿಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಪ್ರಬಲ ಮತು ದುರ್ಬಲ ಬಲಗಳಿಗೆ ಇಷ್ಟೊಂದು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳು ಏಕೆ ಬೇಕು?



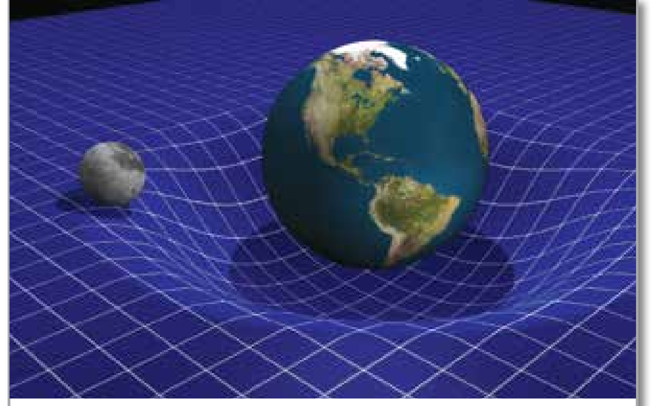






ಚಿತ್ರ 5: ಮೇಲಿನ ಫಲಕ: ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ರಚನೆ. ಕೆಳಗಿನ ಫಲಕ: ನಿಜವಾದ ಪ್ರಯೋಗ. ಎಡ ಫಲಕದಲ್ಲಿ ವಿಶ್ರಾಂತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಬಾಟಲಿಯೊಂದರಲ್ಲಿ ಸ್ಪ್ರಿಂಗಿಗೆ ತೂಗು ಹಾಕಿರುವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ. ಬಲಗಡೆಯ ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಇದೇ ಬಾಟಲಿ ಸ್ವತಂತ್ರ ಪತನದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವುದು ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ – ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್ ಜಗ್ಗಿಲ್ಲದೆ ಇರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ಬಾಟಲಿ ಮತ್ತು ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್‌ಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಮೇಲೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಬಲ ಇಲ್ಲವಾಗಿರುವುದು ನಮಗೆ ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ.

ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ರೂಪಿಸಿದನು. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಎಂದರೆ ಒಂದು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಸ್ಥಳಾವಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲದ ಹೆಣಿಗೆಯನ್ನು ನುಲಿಚಿದ ಸ್ಥಿತಿ ಮಾತ್ರ. ಒಂದು ರಕ್ಷಾ ಚೌಕಟ್ಟಿನ (ಟ್ರ್ಯಾಂಪಲೀನ್) ತರಹ ಹಿಗ್ಗಿಸಿದ ತೆಳುಹಂದರದ ಮೇಲೆ ಬಾಸ್ಕೆಟ್ ಬಾಲ್ ತರಹದ ಭಾರವಾದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಇಟ್ಟು ನೋಡಿದಾಗ ಇದು ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ರಕ್ಷಾ ಚೌಕಟ್ಟಿನ ಮೇಲೆ ಭಾರವಾದ ಚೆಂಡನ್ನು ಇಟ್ಟಾಗ, ಚೆಂಡಿರುವ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗುಂಡಿ ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇದರ ಸುತ್ತ ಗೋಲಿಗಳನ್ನು ಉರುಳಿಸಿದರೆ ಅವು ಚೆಂಡಿರುವ ಜಾಗಕ್ಕೆ ನೇರ ರೇಖೆಗಳಲ್ಲದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಇವು ಆ ಚೆಂಡಿನ ಸುತ್ತ ಹಾದುಹೋಗುವ ವಕ್ರ ಪಥಗಳಾಗಿರಬಹುದು ಅಥವಾ ನೇರ ಪಥಗಳಾಗಿರಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 6. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯು ಸ್ಥಳ ಮತ್ತು ಕಾಲದ ಹೆಣೆದ ಜಾಲದ ನುಲುಚಿದ ಸ್ಥಿತಿ. ಇದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶನಾಂಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ (coordinate system) ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. (ಗ್ರಿಡ್ ಲೈನುಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿ). ಈ ನಿರ್ದೇಶನಾಂಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಗ್ರಹದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಿಂದ ತಿರುಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಮೂಲ: https://www.youtube.com/watch?v=cxgHz5H4AHA.

ಈ ಹೋಲಿಕೆಯನ್ನು ಸೌರವ್ಯೂಹಕ್ಕೆ ಮತ್ತು ಇತರೆಡೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದಾದರೆ, ಗ್ರಹಗಳ ಕಕ್ಷೆಗಳು ಸೂರ್ಯನ ಇರುವಿಕೆಯಿಂದಾಗಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಹೆಣಿಗೆಯ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಬಾಗುವಿಕೆಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪಥಗಳಷ್ಟೇ ಹೊರತು ಅಲ್ಲಿ ನಿಜವಾದ ಯಾವುದೇ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲ (ಅಥವ ಕ್ಷೇತ್ರ) ಇರುವುದಿಲ್ಲ. **ಚಿತ್ರ 6** ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು, ಸ್ಥಳ-ಕಾಲದ ತಿರುಚುವಿಕೆ (distortion of space-time) ಯಾಗಿ ನೋಡಬಹುದು.

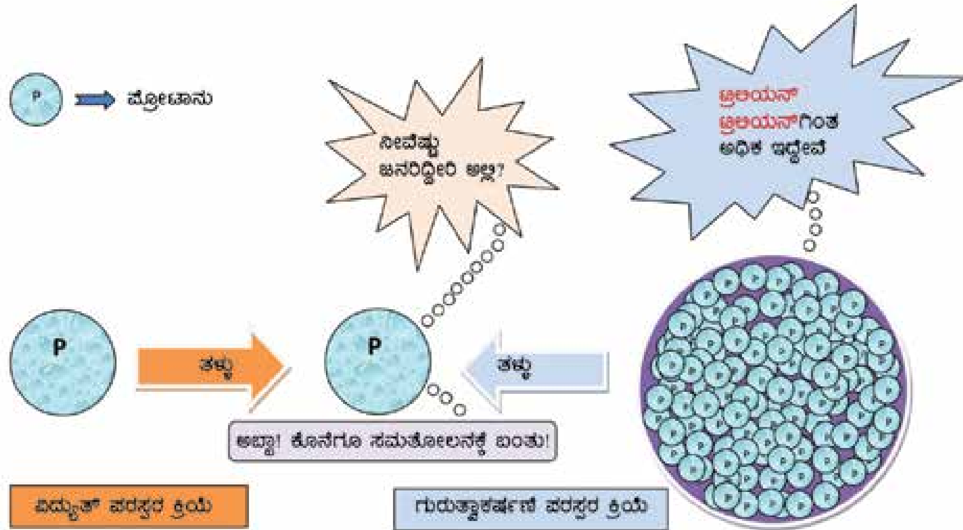
ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯ ಸ್ವರೂಪ: ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಮತ್ತು ವ್ಯಾಪ್ತಿ

ಈ ನಾಲ್ಕು ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಏನು? ಪರಸ್ಪರ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಅವು ಎಷ್ಟು ಪ್ರಬಲ ಅಥವ ದುರ್ಬಲವಾಗಿವೆ? ಅಂತರದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದಂತೆ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಲ್ಲಿ ಕೂಡ ವ್ಯತ್ಯಾಸವುಂಟಾಗುತ್ತದೆಯೇ? ಈ ನಾಲ್ಕು ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಗೆ ಈ ಕೆಳಗಿನಂತೆ ಶ್ರೇಣಿಗಳನ್ನು (rank) ಕೊಡೋಣ. ಪ್ರೋಟಾನ್‌ನಂತಹ ಎರಡು ಮೂಲಕಣಗಳನ್ನು ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿದ್ದೇವೆ ಎಂದುಕೊಳ್ಳಿ. ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತಿರುವ ಪ್ರಬಲ ಬಲಕ್ಕೆ ನಾವು 1 ಎಂದು ಕಾಲ್ಪನಿಕ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕರ್ಷಣ ಬಲಕ್ಕೆ 0.001 ಮೌಲ್ಯವಿರುವುದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ ಅದು ಒಂದು ಸಾವಿರ ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ದುರ್ಬಲ ಬಲಕ್ಕೆ 10^{-14} ರಷ್ಟು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಮೌಲ್ಯ ಇರುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ ಅದು ಸುಮಾರು ನೂರು ಟ್ರಿಲಿಯನ್ ಪಟ್ಟು ಕ್ಷೀಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ನಡುವಿನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಮೌಲ್ಯ 10^{-43} ಆಗಿರುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ, ಅದು ಟ್ರೆಡೆಸಿಲಿಯನ್ ಪಟ್ಟು ಕ್ಷೀಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ!

ಬಹುಶಃ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಬಲ ನಮ್ಮ ಜಗತ್ತಿನ ಅತ್ಯಂತ ಗಮನಾರ್ಹ ಬಲವಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೆಂದರೆ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ನ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪರಸ್ಪರ ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ. ಇದರ ಅರ್ಥ ಅತ್ಯಂತ ಹತ್ತಿರ ಬರಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುವ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳು ಹತ್ತಿರ ಬರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ನಮಗೆ ಪರಿಚಿತವಾಗಿರುವ ಎಲ್ಲ ರೀತಿಯ ತಳ್ಳುವಿಕೆ ಮತ್ತು ಎಳೆಯುವಿಕೆಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗುವ ಭೌತದ್ರವ್ಯಗಳ ಗುಣಗಳು ಮೂಲತಃ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಈ ಪರಿಣಾಮದಿಂದ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಇದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು 10^{40} ರಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ನಮ್ಮನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಹಿಡಿದಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲು ಅಗತ್ಯವಾದಷ್ಟು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಲು ನಮಗೆ ಭೂಮಿಯಂತಹ ಬೃಹತ್ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ, ಅದರಲ್ಲೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ತಟಸ್ಥ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲದ ನಡುವಿನ ಹೋಲಿಕೆಗಾಗಿ **ಚಿತ್ರ** 7 ನೋಡಿ.

ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಅನಂತವಾದದ್ದು. ಅವುಗಳಿಂದ ದೂರ ಹೋಗಿ ಅವುಗಳಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಎನ್ನುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೇ ಇಲ್ಲ. ದೂರ ಹೋದಷ್ಟೂ ಅವುಗಳ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೀಣಿಸಬಹುದೇ ಹೊರತು, ಅವು ಶೂನ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ (ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲವಾಗಿಸಬಹುದು, ಆದರೆ ಅದು ಬೇರೆ ವಿಷಯ, ಏಕೆಂದರೆ ಹಾಗೆ ಮಾಡಲು ಇತರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳನ್ನು ಬಳಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ). ಇದಕ್ಕೆ ತದ್ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಪ್ರಬಲ ಮತ್ತು ದುರ್ಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ ಮತ್ತು ಇವುಗಳು ತಮ್ಮ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ನ ಗಾತ್ರದಷ್ಟು ಅಂದರೆ ಸುಮಾರು 10^{-15} ಮೀಟರಿನಷ್ಟು ವ್ಯಾಪಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತವೆ. ಈ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಆಚೆಗೆ ಅವುಗಳ ಪ್ರಭಾವ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ.. ಹಾಗಾಗಿ ಇವೆರಡು ಬಲಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ತನ್ನ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಬೇಕಾದರೆ ಮೂಲಕಣಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣತೆ ಅಥವ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಷ್ಟು ಸಮೀಪ ಬರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಬಲಗಳ ಅನುಭವ ನಮಗೆ ನೇರವಾಗಿ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಸಾರಾಂಶ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಮುಖವಾಗಿ ಗ್ರಹಗಳ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ರಚನೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತದೆ. ಅತ್ಯಂತ ಸಾಮಾನ್ಯ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳು ಕೂಡಾ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತವೆ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ತಾಪಮಾನದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಸಮ್ಮಿಳನ ಉಂಟುಮಾಡುವ ಮೂಲಕ ಪ್ರಬಲ ಮತ್ತು ದುರ್ಬಲ ಬಲಗಳು ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಉದ್ದೀಪಿಸುತ್ತವೆ. ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬುಗಳು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಸ್ಥಾವರಗಳಿಗೆ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರವೇ ಶಕ್ತಿ



ಚಿತ್ರ 7. ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲಗಳ ನಡುವಿನ ಹೋಲಿಕೆ: ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತಿಲ್ಲ. ಎಡ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ಪ್ರೋಟಾನ್ ಕೇವಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ತಳ್ಳುತ್ತಿದೆ. ಬಲಭಾಗದಲ್ಲಿ, ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಇನ್ನೊಂದು ಗುಂಪು ಕೇವಲ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ ಅದನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತಿದೆ. ಈ ಎರಡು ಬಲಗಳನ್ನು ಸಮತೂಗಿಸಿ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಅಗತ್ಯವಾದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣಾ ಬಲವನ್ನು ಒದಗಿಸಲು ಬಲಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅಗತ್ಯವಿರುವ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ 1.25 ಟ್ರಿಲಿಯನ್ ಟ್ರಿಲಿಯನ್ ಟ್ರಿಲಿಯನ್‌ಗಿಂತಲೂ ಅಧಿಕ, ಅಂದರೆ, 1.25×10^{36} ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು.

ನೀಡುತ್ತದೆ. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲ ನಮಗೆ ಅವಲೋಕನ ಸಾಧ್ಯವಿರುವ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರಮುಖ ರಚನೆಗಳಾದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು, ಗ್ಯಾಲಕ್ಸಿಗಳು, ಗ್ಯಾಲಕ್ಸಿ ಪುಂಜಗಳು ಇತ್ಯಾದಿಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ರಚನೆಗಳಲ್ಲಿ ತಟಸ್ಥ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶವುಳ್ಳ ಬೃಹತ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಭೌತದ್ರವ್ಯಗಳವೆ. ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಗ್ಯಾಮಾಕಿರಣ ವಿಸ್ಫೋಟ ಅಥವ ಸೂಪರ್‌ನೋವಾದಂತಹ ಅಮೋಘ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ನೇರವಾಗಿ ಕಾರಣವಾಗಿವೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಸಾಕಷ್ಟು ಬೃಹತ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಭೌತದ್ರವ್ಯವು ಇತರ ಮೂರು ಬಲಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಬಹುದು ಮತ್ತು ವಿರೋಧಾಭಾಸವೆನಿಸುವಂತೆ ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇಷ್ಟು ಭಾರವಾಗಿದ್ದುದಕ್ಕೆ ತಕ್ಕ ಘನತೆಯೂ ಇದೆ.

ಉಪಸಂಹಾರ

ಮೂಲಕಣಗಳ ನಡುವಿನ ಈ ನಾಲ್ಕು ಮೂಲ ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಇಷ್ಟರವರೆಗೆ ಭೌತದ್ರವ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ಗಮನಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದ ಗುಣಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಭವಿಷ್ಯತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಮೂಲಸ್ಥಾನವನ್ನು ಇತರೆ ಯಾವುದೇ ಬಲಗಳು ತುಂಬುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ನಾವು ಅಲ್ಲಗಳೆಯಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಇತ್ತೀಚಿನ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದ ಪುರಾವೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದ ಶೇ 96ರಷ್ಟು ಭಾಗ ವಿಭಿನ್ನವಾದ ಭೌತದ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಬಲವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ಕಪ್ಪು ದ್ರವ್ಯ (dark matter) ಮತ್ತು ಕಪ್ಪು ಶಕ್ತಿ (dark energy) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಕಪ್ಪು ದ್ರವ್ಯಕ್ಕೆ ಒಂದು ಆಕರ್ಷಕ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲವಿದೆಯೆಂದು ಮತ್ತು ಕಪ್ಪು ಶಕ್ತಿಗೆ ಒಂದು ವಿಕರ್ಷಕ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲವಿದೆಯೆಂದು ಊಹಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳು ಇತರ ಸಾಮಾನ್ಯ ಭೌತದ್ರವ್ಯಗಳಂತೆ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವುದಾಗಲಿ ಅಥವ ಹೊರಸೂಸುವುದಾಗಲಿ ಮಾಡದ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಕಪ್ಪು ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಬಲದ ಬಗ್ಗೆಯ ಅರಿವು ಇನ್ನೂ ಹಲವು ವಿಧದ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ತೆರೆಯಲು ನಮಗೆ ಕೀಲಿ ಕೈ ಆಗಬಹುದು. ನಾವು ಅನ್ವೇಷಿಸುತ್ತಾ ಸಾಗಿದಂತೆ ಆಶ್ಚರ್ಯಗಳ ಖಜಾನೆಯೇ ತೆರೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು!



References

1. 'Introduction to Elementary Particles', by David Griffiths, John Wiley and Sons, New York.
2. Review of Particle Physics, Chinese Physics C Vol. 38, No. 9 (2014) 090001, Particle Data Group. See http://pdg.lbl.gov/2015/html/computer_read.html

ಶ್ರೀನಿವಾಸನ್ ಕೃಷ್ಣನ್ ಪುಣೆಯಲ್ಲಿರುವ Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics ನಿಂದ ಖಭೌತವಿಜ್ಞಾನ (astrophysics) ದಲ್ಲಿ 2000ನೇ ಇಸವಿಯಲ್ಲಿ ಪಿ.ಎಚ್.ಡಿ. ಪದವಿಯನ್ನು ಗಳಿಸಿದ ಶ್ರೀನಿವಾಸನ್ ಕೃಷ್ಣನ್ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಸಾಮಾನ್ಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರಾಗಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಓದು ಮತ್ತು ಸಣ್ಣ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸುವುದು ಅವರ ಹವ್ಯಾಸ. ಅವರ ಮಿಂಚಂಚೆ: ksrini69@gmail.com. **ಅನುವಾದಕರು**: ರೋಸಿ ಡಿಸೌಜ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ನಿರ್ಮಲಾ ಜಿ.ವಿ.